

**PENGARUH WAKTU TINGGAL DAN JUMLAH KAYU APU (*Pistia stratiotes* L.)
TERHADAP PENURUNAN KONSENTRASI BOD, COD DAN WARNA**
Charisma Widya; Badrus Zaman; Syafrudin

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Uversitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H Tembalang - Semarang, Kode Pos 50275 Telp. (024)76480678, Fax (024) 76918157
Website : <http://enveng.undip.ac.id> - Email: enveng@undip.ac.id

Abstract

Batik industries is one of any industries that produce wastewater. Result of the characteristic test show that BOD concentration is about 130,37 mg/l, COD 1376,29 mg/l, also color 10.000 mg/l PtCo. Treatment for wastewater of batik industries is needed since wastewater can be harm to the environment and it can decrease the environmental quality. One of alternative treatment that can be used is phytotechnology treatment which use plants as media. Pistia stratiotes L. is one of the plants that can be used as an adsorbent of pollutants in phytoremediation processes because Pistia stratiotes L. has several advantages including it has ability to absorb large nutrients, Pistia stratiotes L. can easily grow anywhere. The research was conducted for 15 days after acclimatization process. There are 4 reactors consisting of a reactor with 2 plants of Pistia stratiotes L, 4 plants of Pistia stratiotes L, 6 plants of Pistia stratiotes L, and control reactor without Pistia stratiotes L. Each reactor is filled with 4 liters of wastewater of batik industries. Sampling was conducted every 3 days and measured the concentrations of COD, BOD, and color intensities. The amount of removal efficiency at days 15 in each reactor is as follows: reactor with 2 plants of Pistia stratiotes L has removal efficiency 93,96% for COD, 90,09 % for BOD, and 93,16% for color. Reactor with 4 plants reactor has removal efficiency 95,96% for COD, 93,01 % for BOD, and 93,65% for color. Reactor with 6 plants has removal efficiency 97,96% for COD, 95,91% for BOD, and 95,60% for color.

Keyword: Wastewater, Phytoremediation,, Pistia stratiotes L.

Pendahuluan

Industri batik merupakan industri yang saat ini sedang berkembang seiring dengan upaya pelestarian hasil karya budaya warisan Indonesia. Dalam proses produksinya, industri batik menghasilkan limbah cair yang jumlahnya mencapai 80% dari seluruh jumlah air yang dipergunakan dalam proses pembatikan (Hernayanti, 2004). Kandungan limbah cair industri batik dapat berupa zat organik, zat padat tersuspensi, fenol, kromium (Cr), minyak lemak dan warna (Puspita, 2011). Hasil uji karakteristik air limbah batik yang telah dilakukan di Semarang, zat organik dan warna yang terdapat pada limbah batik memiliki kandungan yang melebihi baku mutu yaitu kandungan BOD sebesar 130,37 mg/l, COD 1376,29 mg/l, dan warna 10.000 mg/l PtCo. Bila dibandingkan dengan baku

mutu limbah cair industri tekstil dan batik menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah (Perda Jateng) nomor 5 tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil dan Batik, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk BOD adalah 60 mg/l dan COD adalah 150 mg/l. Untuk itu limbah cair industri batik memerlukan pengolahan guna menghilangkan kandungan berbahaya di dalamnya, sebab apabila limbah cair batik langsung dibuang ke badan air penerima maupun lingkungan, maka dapat terjadi penurunan kualitas lingkungan dan kerusakan ekosistem sekitar industri batik.

Pengolahan limbah cair batik dapat dilakukan dengan menggunakan proses biologi yaitu teknik pengolahan dengan fitoteknologi. Fitoteknologi adalah penerapan ilmu dan teknologi untuk mengkaji dan menyiapkan solusi masalah

lingkungan dengan menggunakan tumbuhan (Mangkoedihardjo, 2010). Kemampuan tumbuhan ini banyak digunakan untuk mengolah air buangan, karena tumbuhan tertentu mampu mengolah air buangan dengan tingkat efisiensi yang cukup tinggi. Fitoteknologi merupakan salah satu alternatif teknologi dalam pengolahan limbah yang relatif ekonomis, mengingat sebagian besar industri batik adalah industri rumah tangga dimana produsen enggan mengolah air limbah dikarenakan biayanya yang mahal.

Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) adalah salah satu tumbuhan fitoremediator yaitu tumbuhan yang memiliki kemampuan untuk mengolah limbah, baik itu berupa logam berat, zat organik maupun anorganik. Tumbuhan ini dapat dijadikan sebagai fitoremediator bagi limbah cair batik karena kemampuannya dalam menurunkan jumlah BOD, COD, dan warna yang terkandung dalam limbah cair batik. Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) sebagai tumbuhan air memiliki potensi dalam menurunkan kadar pencemar air limbah, yang memiliki kadar organik tinggi. Secara umum kayu apu adalah tanaman air yang biasa dijumpai mengapung di perairan tenang atau kolam. Kayu apu terkenal sebagai tumbuhan pelindung akuarium. Tumbuhan ini adalah satu – satunya anggota marga *Pistia*. Orang juga mengenalnya sebagai apu – apu atau kapu – kapu (Safitri, 2009). Klasifikasi Kayu Apu adalah

Kerajaan	: <i>Plantae</i> (tumbuhan)
Subkerajaan	: <i>Tracheobionta</i>
Superdivisi	: <i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Liliopsida</i>
Sub-kelas	: <i>Arecidae</i>
Ordo	: <i>Arales</i>
Famili	: <i>Araceae</i>
Genus	: <i>Pistia</i>
Spesies	: <i>Pistia stratiotes</i> L.



Gambar 1. Kayu Apu
(*Pistia stratiotes* L.)

Metodologi

Secara keseluruhan pelaksanaan penelitian dibagi dalam tiga tahapan, meliputi :

1. Tahap Persiapan

Terdapat empat tahap persiapan meliputi pembuatan reaktor fitoremediasi, persiapan limbah batik, persiapan tumbuhan kayu apu yang akan digunakan, dan persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

Reaktor dibuat dengan sistem *batch*, dengan dimensi panjang 19,2 cm, lebar 18,5 cm, dan tinggi 15,3 cm. Reaktor kemudian diisi dengan air limbah sebanyak 4 liter. Reaktor yang dibuat di dalamnya terdapat kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dengan jumlah dan morfologi tertentu. Tahapan persiapan limbah batik meliputi pengujian karakteristik limbah batik dan uji pendahuluan. Berdasarkan hasil uji karakteristik, diketahui bahwa konsentrasi BOD sebesar 130,37 mg/l dan COD sebesar 1376,29 mg/l. Setelah uji karakteristik dilakukan, selanjutnya dilakukan uji pendahuluan. Uji pendahuluan berfungsi untuk mencari konsentrasi optimal yang dapat ditoleransi kayu apu atau cocok untuk kayu apu hidup. Untuk mencari konsentrasi limbah yang optimal dalam proses pengolahan dengan metode fitoremediasi, air limbah batik diencerkan dengan skala 1:10000, 1:5000, 1:1000 dan 1:100, kemudian kayu apu dimasukkan ke dalam reaktor yang

berisi air limbah batik yang sudah diencerkan tersebut. Dilakukan uji selama 9 hari dan diamati pada skala berapakah kayu apu dapat bertahan hidup. Setelah 9 hari pengamatan, ternyata kayu apu dapat bertahan hidup pada semua variasi konsentrasi pada masing-masing reaktor. Selanjutnya untuk tahapan penelitian dipilih konsentrasi 1:100 dikarenakan pada semua konsentrasi tumbuhan dapat hidup, maka dipilih pengenceran paling rendah dan dipilih konsentrasi yang melebihi baku mutu. Kemudian aklimatisasi tumbuhan selama 1 minggu agar tanaman dapat menyesuaikan terhadap lingkungan sebelum ditanam. (Puspita, 2011). Aklimatisasi dilakukan dengan meletakkan kayu apu pada reaktor dengan air bersih yang mengalir. Aklimatisasi dilakukan selama ± 1 minggu sampai dengan tanaman sudah benar-benar tumbuh dan kuat. Ditandai dengan akar yang menjadi lebih bersih, tumbuhnya tunas tanaman baru dan batang berdiri dengan kokoh disertai dengan bertambahnya ukuran tinggi tanaman sehingga siap untuk digunakan (Kurnia, 2014). Selanjutnya persiapan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, persiapan dan peminjaman alat-alat ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.

2. Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan penelitian meliputi pengecekan pada lokasi penelitian dan pengukuran kandungan BOD, COD, dan warna dalam sampel limbah. Pengukuran yang dilakukan meliputi pengukuran temperatur, kelembaban, dan intensitas cahaya tiga kali sehari yaitu sebelum pukul 09.00, sebelum pukul 14.00, dan sebelum pukul 16.00 menggunakan digital anemometer.

Penelitian dilakukan selama 15 hari setelah tumbuhan diaklimatisasi, reaktor yang telah dipersiapkan kemudian diisi dengan air limbah sebanyak 4 liter. Reaktor penelitian sebanyak 4 reaktor dimana masing-masing reaktor terdapat kayu apu dengan jumlah tumbuhan yang berbeda. Reaktor 1 terdapat 2 tumbuhan

kayu apu, reaktor 2 terdapat 4 tumbuhan, reaktor 3 terdapat 6 tumbuhan, dan reaktor 4 merupakan reaktor kontrol yang tidak diberi tumbuhan kayu apu. Reaktor kontrol mempunyai fungsi sebagai pembanding. Kontrol digunakan untuk membandingkan penurunan konsentrasi COD, BOD, dan warna dengan reaktor uji. Pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan 3 hari sekali. Pengukuran pH, suhu, konsentrasi COD, BOD, dan warna dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah wadah sampel, botol BOD, inkubator, aerator, pipet ukur, pipet tetes, bulb pipet, COD reaktor, spektrofotometer, erlenmeyer, neraca analitik, kertas saring, pH meter, dan anemometer digital. Sedangkan bahan yang digunakan adalah limbah cair batik, aquades, larutan digestion solution, pereaksi H_2SO_4 , larutan $MgSO_4$, larutan $CaCl_2$, larutan buffer fosfat, larutan $FeCl_3$, larutan $MnSO_4$, larutan asam thiosulfat, bibit pengotor, larutan kanji, dan larutan alkali iodida.

3. Tahap Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan program microsoft excel. Analisis data dilakukan dengan menganalisis data yang telah diperoleh dari kegiatan sampling, yaitu data konsentrasi COD, BOD, dan warna serta data pH dan suhu pada limbah. Analisa akan meliputi analisis dengan diagram untuk hubungan konsentrasi COD, BOD, dan warna terhadap waktu dan hubungan efisiensi penyisihan COD, BOD, dan warna terhadap waktu. Penyajian data juga dilakukan dalam grafik.

Sedangkan untuk menganalisa hubungan antara waktu tinggal dan jumlah kayu apu terhadap penurunan COD, BOD, dan warna didapatkan dengan menggunakan analisis korelasi pearson (Pearson Bivariate Correlation) menggunakan bantuan software SPSS untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara banyaknya jumlah tumbuhan

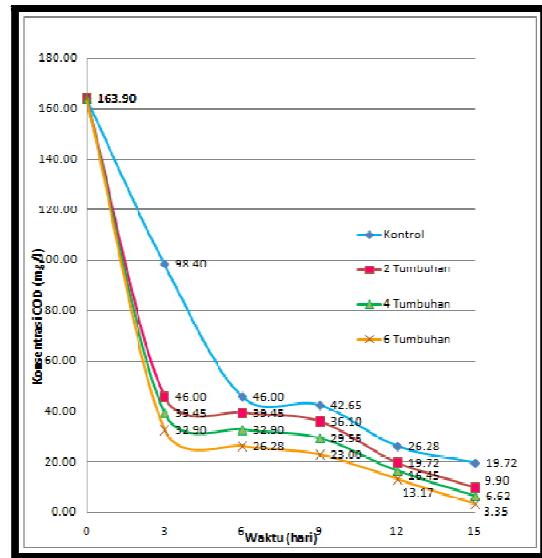
dengan penurunan konsentrasi COD, BOD, dan warna pada limbah batik.

Hasil dan Pembahasan

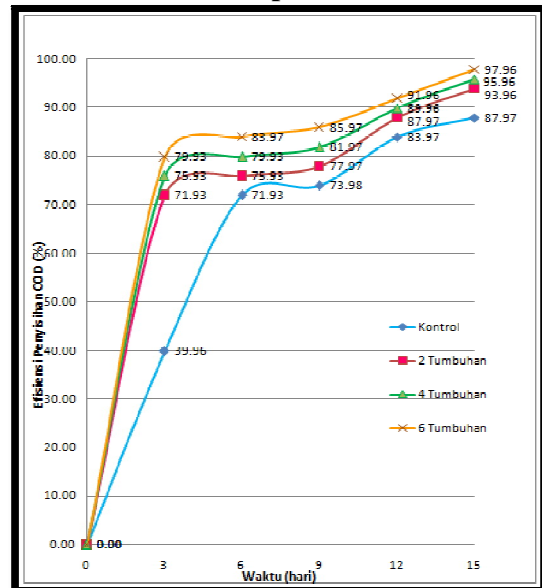
Hasil Pengukuran Konsentrasi COD

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan data penurunan COD untuk masing-masing reaktor. Pada pengamatan awal yaitu terjadi pada hari ketiga, tampak bahwa presentase penyisihan COD pada masing-masing reaktor terjadi kenaikan secara signifikan yaitu reaktor 2 tumbuhan sebesar 71,93%, 4 tumbuhan 75,93%, dan 79,93% untuk 6 tumbuhan. Reaktor kontrol juga mengalami penurunan sebesar 39,96%. Hal ini disebabkan pada awal pengamatan, akar *Pistia stratiotes* telah tumbuh dan menyebar secara baik karena telah dilakukan aklimatisasi yang cukup sehingga efisiensi penyisihan COD pada semua reaktor uji mengalami kenaikan cukup besar. Masing-masing reaktor terus mengalami kenaikan presentase penyisihan COD hingga akhir penelitian yaitu pada hari kelimabelas. Reaktor dengan 2 tumbuhan kayu apu mencapai 93,96%, reaktor dengan 4 tumbuhan kayu apu mencapai 95,96%, reaktor dengan 6 tumbuhan kayu apu mencapai 97,96%, dan reaktor kontrol juga menunjukkan kenaikan efisiensi penyisihan yaitu 81,97%.

Hasil penelitian yang dilakukan, penurunan konsentrasi COD terjadi pada reaktor uji dan kontrol. Bahan organik didegradasi oleh mikroorganisme yang tumbuh pada permukaan media dan menempel pada akar tanaman, serta penetrasi rhizoma pada media (Pinton, 2001). Akar tanaman yang semakin banyak karena pertumbuhannya yang semakin lama akan meningkatkan suplai oksigen ke dalam reaktor, memperluas zone rizhosfer dan mampu memperluas area permukaan lekat mikroorganisme yang berperan dalam penguraian padatan (Gregory, 2006). Data penyisihan COD dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3 berikut.



Gambar 2. Hubungan Konsentrasi COD Terhadap Waktu

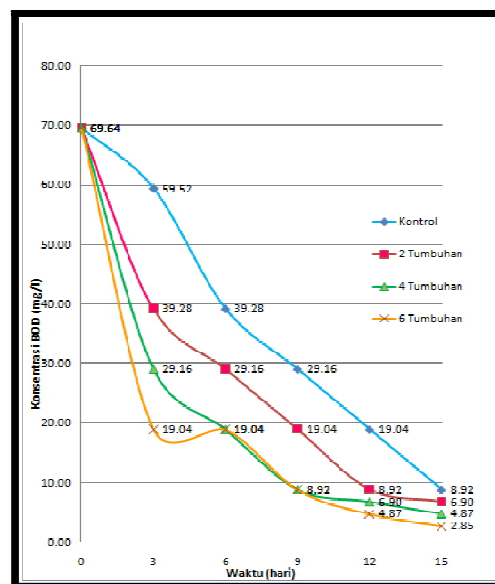


Gambar 3. Hubungan Efisiensi Penyisihan COD Terhadap Waktu

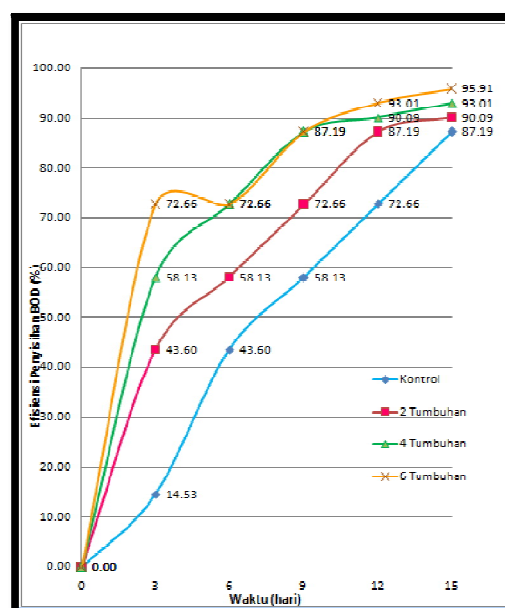
Hasil Pengukuran Konsentrasi BOD

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan data penurunan BOD untuk masing-masing reaktor uji dan reaktor kontrol. Dari data yang didapatkan terlihat bahwa setiap reaktor uji maupun kontrol mengalami kenaikan efisiensi penyisihan BOD. Pada reaktor dengan 2 tumbuhan terjadi kenaikan penyisihan BOD dari 43,6% pada hari ketiga menjadi 90,09% pada hari kelimabelas. Pada

reaktor dengan 4 tumbuhan, penyisihan BOD di hari ketiga sebesar 58,13% kemudian naik hingga hari akhir penelitian menjadi sebesar 93,01%. Reaktor dengan 6 tumbuhan juga mengalami kenaikan efisiensi penyisihan yaitu 72,66%-95,91%. Pada reaktor kontrol terjadi kenaikan 14,53%-87,19%. Kenaikan persentase penyisihan BOD pada masing-masing reaktor sampai hari ke 15 disebabkan karena konsentrasi BOD yang diasosiasikan dengan padatan tersuspensi yang dapat mengendap lebih banyak daripada yang dapat terlarut. Hal ini karena 80% dari BOD terdiri dari padatan terlarut dan tersuspensi, padatan tersuspensi dapat dibagi menjadi padatan yang dapat mengendap dan yang tidak dapat mengendap (Crites dan Tchobanoglous, 1998). Pada umumnya 60% dari padatan tersuspensi dalam air limbah domestik adalah padatan yang dapat mengendap (Metcalf and Eddy, 2003). Proses penyisihan BOD₅ terjadi melalui proses fisik dan biologis (Crites dan Tchobanoglous, 1998:583). Penyisihan fisik dari BOD₅ terjadi melalui proses pengendapan dan penangkapan material partikulat di ruang hampa pada media pasir. BOD₅ terlarut disisihkan oleh pertumbuhan mikroba pada permukaan media dan menempel pada akar tanaman dan penetrasi rhizoma (Pinton, 2001). Mikroorganisme memegang peranan sangat penting dalam penghilangan bahan organik yang proses penguraiannya membutuhkan oksigen. Oksigen tersebut mengalir ke akar melalui batang setelah berdifusi dari atmosfer melalui pori-pori daun (Vymazal, 2008). Data penyisihan BOD dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5 berikut.



Gambar 4. Hubungan Konsentrasi BOD Terhadap Waktu

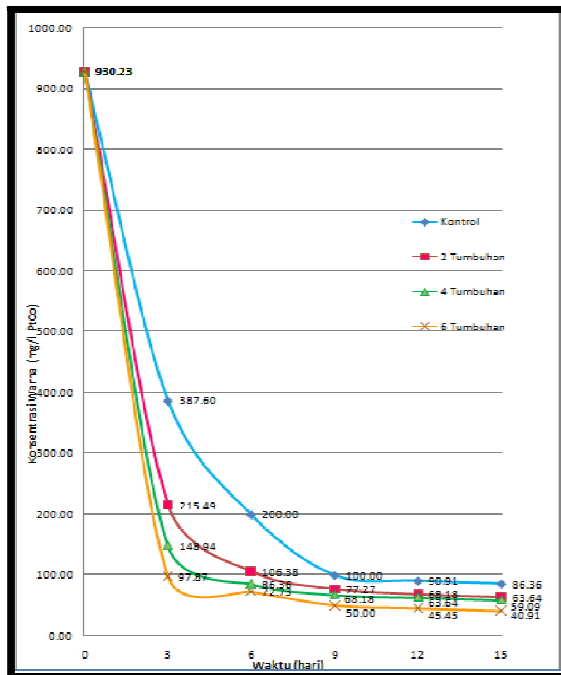


Gambar 5. Hubungan Efisiensi Penyisihan BOD Terhadap Waktu

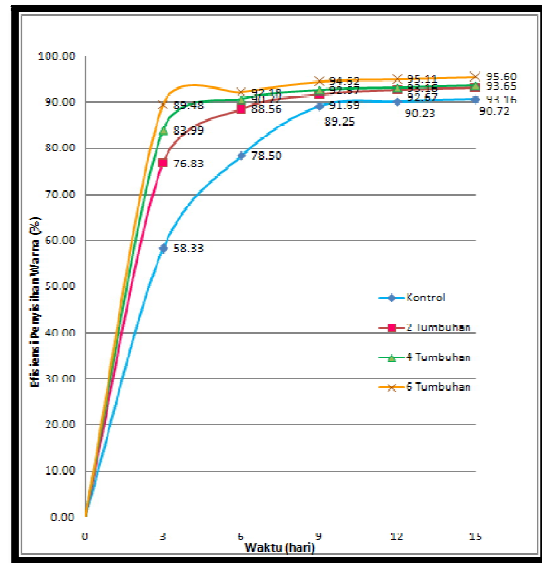
Hasil Pengukuran Konsentrasi Warna

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan data penurunan warna untuk masing-masing reaktor uji dan reaktor kontrol. Dari hasil penelitian terlihat bahwa setiap reaktor uji maupun kontrol mengalami kenaikan efisiensi penyisihan warna. Pada reaktor dengan 2 tumbuhan terjadi kenaikan penyisihan

warna dari 76,83% hingga 93,16%. Pada reaktor dengan 4 tumbuhan, penyisihan BOD di hari ketiga sebesar 83,99% kemudian naik hingga hari akhir penelitian menjadi sebesar 93,65%. Reaktor dengan 6 tumbuhan juga mengalami kenaikan efisiensi penyisihan yaitu 89,48%-95,60%. Pada reaktor kontrol terjadi kenaikan 58,33%-90,72%. Penyisihan konsentrasi warna terhadap waktu dapat dilihat gambar 6, sedangkan efisiensi penyisihan warna terhadap waktu dapat dilihat gambar 7.



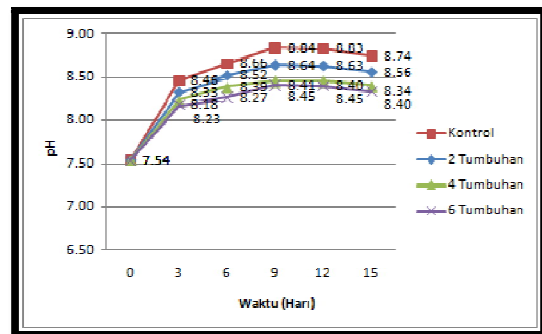
Gambar 6. Hubungan Konsentrasi Warna Terhadap Waktu



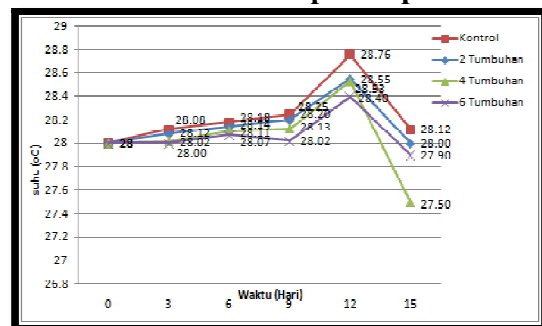
Gambar 7. Hubungan Efisiensi Penyisihan Warna Terhadap Waktu

pH dan Suhu

pH dan suhu merupakan parameter penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan kinerja mikroorganisme (Gregory, 2006). Data perubahan pH dan suhu dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9 dibawah ini.



Gambar 8. Perubahan pH Tiap Reaktor

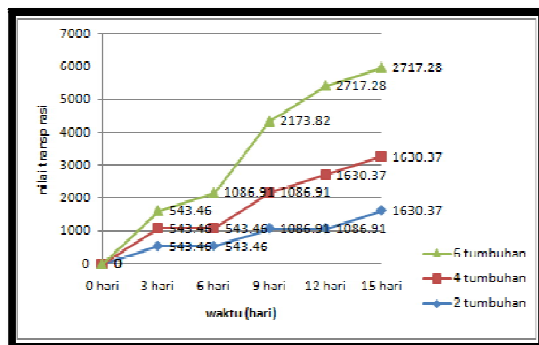


Gambar 9. Perubahan Suhu Tiap Reaktor

Berdasarkan gambar 8 dan 9 diatas diketahui bahwa pada rata-rata terjadi kenaikan pH dan suhu. Suhu berbanding lurus dengan evaporasi dan evapotranspirasi. (Pessarakli, 2005). Berdasarkan gambar 9 tanaman kayu apu memberi kontribusi dalam menaikkan pH. Kenaikan ini disebabkan oleh adanya aktivitas fotosintesis oleh tanaman uji. Proses fotosintesis merubah CO_2 menjadi $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ yang memerlukan hidrogen dan energi. Hidrogen didapatkan dari H^+ yang didapatkan dari air limbah dan udara. Sehingga pengambilan H^+ akan menaikkan pH (Gregory, 2006).

Uji Transpirasi *Pistia stratiotes L.*

Transpirasi merupakan pelepasan air dalam bentuk uap dari permukaan tumbuhan melalui proses difusi dan proses evaporasi, yang diikuti oleh proses absorpsi air dari medium tumbuhnya, dan menghasilkan aliran transpirasi dalam tumbuhan (Mangkoedihardjo, 2010). Hasil uji transpirasi *Pistia stratiotes L.* disajikan dalam gambar 10.



Gambar 10. Grafik Transpirasi *Pistia stratiotes L.*

Semua reaktor uji dalam penelitian ini mengalami penurunan muka air selama 15 hari. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa semakin terdapat banyak jumlah tumbuhan *Pistia stratiotes L.* maka transpirasi yang terjadi akan semakin besar. Semakin banyak tumbuhan dalam reaktor maka limbah yang berkurang semakin banyak.

Model WWG (*Waste Water Garden*)

Salah satu penerapan dari hasil penelitian adalah perencanaan *waste water garden* (WWG) pada lokasi industri pembuatan batik menggunakan kayu apu (*Pistia stratiotes L.*). Industri batik yang diambil untuk penelitian mempunyai volume air limbah $0,02571 \text{ m}^3/\text{hari}$, sehingga dimensi bak pengolahan untuk WWG adalah $1,6 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 0,45 \text{ m}$ dengan bak berbentuk balok. Untuk ukuran bak ini kebutuhan kayu apu adalah 164 tumbuhan. Sedangkan apabila suatu industri mempunyai volume air limbah $1 \text{ m}^3/\text{hari}$, maka dimensi bak pengolahannya adalah $10 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 0,45 \text{ m}$ dengan kebutuhan kayu apu 6369 tumbuhan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Efisiensi penyisihan tertinggi untuk COD, BOD, dan warna semuanya berada pada reaktor dengan 6 tumbuhan di hari ke 15 yaitu sebesar 97,96% untuk COD, 95,91% untuk BOD, dan 95,60% untuk warna.
2. Analisis statistik data menunjukkan jumlah tumbuhan berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD, BOD, dan warna.
3. Analisis statistik data menunjukkan lamanya waktu tinggal berpengaruh terhadap penurunan COD, BOD, dan warna.

Saran

1. Melakukan *pre-treatment* sebelum digunakan pengolahan dengan fitoteknologi untuk limbah batik.
2. Penelitian dapat digunakan untuk jenis limbah yang berbeda dengan konsentrasi COD, BOD yang tidak terlalu tinggi.

Daftar Pustaka

Crites, R, and Tchobanoglous. 1998. *Small and Decentralized Wastewater*

- Management System*. New York : McGraw-Hill.
- Gregory, Peter. 2006. *Plant Roots, Growth, Activity and Interaction with Soils*. Australia : Black Well.
- Hernayanti dan Proklamasiningsih, Elly. 2004. Fitoremediasi Limbah Cair Batik Menggunakan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Sebagai Upaya Untuk Memperbaiki Kualitas Air. Fakultas Biologi Unsoed Purwokerto.
- Kurnia, Rininta. 2014. Pengaruh Jumlah Koloni Rumput Teki (*Cyperus Rotundus L.*) pada Media Pasir terhadap Penurunan Konsentrasi BOD dan COD (Studi Kasus TPA Jatibarang-Semarang). Semarang : Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Mangkoediharjo, Sarwoko dan Samudro, Ganjar. 2010. *Fitoteknologi Terapan*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Metcalf and Eddy, Inc. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, Fourth Edition*. Boston : McGraw-Hill.
- Pinton, et.al.2001. *The Rhizosphere Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant Interface*. New York : Marcel Dekker, Inc.
- Pessarakli, Mohammad. 2005. *Handbook of Photosynthesis Second Edition*. LLC : Taylor & Francis Group.
- Puspita, dkk. 2011. Kemampuan Tumbuhan Air sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) yang terdapat pada Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Berkala Perikanan Terubuk*. Vol 39. No. 1. ISSN 0126-4265.
- Safitri, R. 2009. Phytoremediasi Greywater Dengan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) Serta Pemanfaatannya Untuk Tanaman Selada (*Lactuca sativa*) Secara Hidroponik. Skripsi. Program Studi Tanah. Fakultas Pertanian. ITB Bogor.
- Vymazal, J . 2008. *Waterwaste Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow*. Czech Republic : Springer.